



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ **ERSA**

ΜΕΛΟΣ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ (RSAI, ERSA)

“Οικονομική Κρίση και Πολιτικές Ανάπτυξης και Συνοχής”

10ο Τακτικό Επιστημονικό Συνέδριο ,
Θεσσαλονίκη, 1 – 2 Ιουνίου 2012

Συνδιοργάνωση

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης:

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

Χρήση δασοπονικών ειδών για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον αστικό χώρο

Θεανώ Σαμαρά¹, Θέκλα Τσιτσώνη^{2*},

¹Ινστιτούτο δασικών ερευνών, 57006 Βασιλικά Θεσσαλονίκη,

² Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασοκομίας, Τ.Θ. 262, 54124, Θεσσαλονίκη.

*e-mail: tsitsoni@for.auth.gr

Περίληψη

Η έρευνα αυτή σχεδιάστηκε για να μελετήσει τη συμπεριφορά δύο δασοπονικών ειδών *Cupressus arizonica* και *Albizia julibrissin* ως προς τη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων που συγκρατούνται από τα φύλλα τους, με στόχο την επιλογή των κατάλληλων δασοπονικών ειδών για αστική και περιαστική χρήση, τα οποία θα συμβάλλουν στη μείωση της ολοένα αυξανόμενης ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πόλεων. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στις δενδροστοιχίες τριών κεντρικών δρόμων του δήμου Θεσσαλονίκης: Η επιλογή των ειδών έγινε με βάση την επιφάνεια κόμης τους, τη μορφολογία και τη διάρκεια διατήρησης των φύλλων τους (φυλλοβόλα και αιθαλή). Συμπερασματικά μπορεί να αναφερθεί ότι το δασοπονικό είδος *Cupressus arizonica* κατακράτησε τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των μετάλλων χαλκού (Cu), μολύβδου (Pb), καδμίου (Cd) χρωμίου (Cr) και νικελίου (Ni) και το δασοπονικό είδος *Albizia julibrissin* κατακράτησε τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μαγγανίου (Mn) και ψευδαργύρου (Zn).

Εισαγωγή

Τα δέντρα ενεργούν αποτελεσματικά μειώνοντας τους ατμοσφαιρικούς ρύπους στα αστικά περιβάλλοντα μέσω της συγκράτησής τους από τα φύλλα. Τα φύλλα είναι διαφορετικής μορφολογίας ανάλογα με το είδος του δένδρου (Batala & Tsitsoni, 2007, 2009).

Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι να εξεταστούν τα επίπεδα ρύπανσης χαλκού (Cu), μολύβδου (Pb), χρωμίου (Cr), νικελίου (Ni), καδμίου (Cd), μαγγανίου (Mn) και ψευδαργύρου (Zn) που συγκρατήθηκαν στα φύλλα των *Cupressus sempervirens* και *Albizia julibrissin* στη πόλη της Θεσσαλονίκης. Τα είδη επιλέχθηκαν επειδή συναντώνται ευρέως σε αστικές περιοχές, έχουν μεγάλο οικολογικό εύρος και

διαφορετικά οικολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά (κωνοφόρο και πλατύφυλλο, αειθαλές και φυλλοβόλο).

Υλικά και μέθοδοι

Τα δείγματα συλλέχθηκαν Αύγουστο και Σεπτέμβριο (Κονάς, 1992a,b). Από κάθε είδος επελέγησαν είκοσι δέντρα [Pourkhabbaz et al., 2010; Taylor et al., 1990] και από κάθε δέντρο συλλέχθηκαν δείγματα στο 1/3 και στα 2/3 του ύψους της κόμης τους. Συνολικά για το κάθε είδος ελήφθησαν 80 δείγματα. Επειδή τα φύλλα κατακρατούν τα βαρέα μέταλλα τόσο στην επιφάνειά τους όσο και τους ιστούς τους, για να προσδιοριστεί η διαφορά αυτή εφαρμόστηκαν δύο χειρισμοί: μη πλυμένα και πλυμένα φύλλα. Όλα τα δείγματα των φύλλων ξηράνθηκαν στο φούρνο, στους 80 °C για 24 ώρες, αλέστηκαν σε ηλεκτρικό μύλο και πέρασαν μέσω κόσκινου διαμέτρου οπών 0,2 χιλ. Μετά τη χημική επεξεργασία των δειγμάτων η ανίχνευση των μετάλλων πραγματοποιήθηκε με ICP-OES (μοντέλο CP-1000 -Sequential Transmission με Autosampler των εργαστηρίων Leeman).

Για την επιλογή δασοπονικών ειδών κατάλληλων για αστική χρήση ανάλογα με τη συμπεριφορά τους προς τα βαρέα μέταλλα πρέπει να λαμβάνονται υπό όψη όχι μόνον τα ποσοστά κατακράτησης βαρέων μετάλλων κάθε είδους αλλά και τα δασοκομικά χαρακτηριστικά τους και η διάρκεια διατήρησης των φύλλων τους (φυλλοβόλα και αειθαλή). Από τα δασοκομικά χαρακτηριστικά των δένδρων μετρήθηκαν για κάθε ένα η στηθαία διάμετρος, το συνολικό ύψος, το ύψος έναρξης κόμης και οι διάμετροι της κόμης και υπολογίστηκαν το μήκος κόμης και η επιφάνεια κόμης

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο λογισμικού SPSS v. 15.0 (SPSS Co, IL). Οι συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν από τον έλεγχο Bonferroni, για ένα επίπεδο εμπιστοσύνης $p=0,05$ (Rencher, 2000).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα δασικά είδη πολύ συχνά χρησιμοποιούνται στις έρευνες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις ρυπασμένες περιοχές όπου οι λειχήνες και τα βρύα είναι συχνά απόντα Mulgrew & Williams (2000) αλλά και στα αστικά περιβάλλοντα.

Τα κύρια δασοκομικά χαρακτηριστικά των ειδών *Cupressus arizonica* και *Albizia julibrissin* παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Η επιλογή των ειδών έγινε με βάση την επιφάνεια κόμης τους, τη μορφολογία και τη διάρκεια διατήρησης των φύλλων τους (φυλλοβόλα και αειθαλή). Οι Brighigna et al., (1997) αναφέρουν ότι η επιφάνεια

κόμης εκφράζει το σύνολο των φύλλων που βρίσκονται εξωτερικά της κόμης, τα οποία συμμετέχουν κυρίως στη φωτοσύνθεση και είναι αυτά που μελετώνται σε έρευνες ρύπανσης. Σύμφωνα με τα δασοκομικά στοιχεία των μελετηθέντων δασοπονικών ειδών, το μέσο δένδρο του είδους *Cupressus arizonica* έχει 4 φορές μεγαλύτερη επιφάνεια κόμης από το είδος *Albizia julibrissin*. Το *Cupressus arizonica* διατηρεί τις βελόνες του από δύο έως πέντε έτη. Οι βελόνες του είναι μικροσκοπικές, άφθονες, μορφή λεπίδων και με άσπρη ρητίνη (Athanasiadis, 1996). Οι Sawidis et al. (2001) υποστηρίζουν ότι η τραχιά επιφάνεια των βελόνων και η παρουσία της ρητίνης κάνει την επιφάνεια των φύλλων κολλώδη και συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων.

Για όλα τα μέταλλα που μελετήθηκαν, υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ειδών. Οι συγκεντρώσεις του χαλκού (Cu), του μολύβδου (Pb), του χρωμίου (Cr), του νικελίου (Ni) και του καδμίου (Cd) ήταν υψηλότερες στα φύλλα του *Cupressus arizonica*. Τα άλλα δύο μέταλλα, το μαγγάνιο (Mn) και ο ψευδάργυρος (Zn) βρέθηκαν να έχουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση στα φύλλα του *Albizia julibrissin*.

Στην έρευνα αυτή η μέση περιεκτικότητα των μετάλλων στην επιφάνεια των φύλλων σε φθίνουσα σειρά ήταν: μαγγάνιο (Mn) > χαλκός (Cu) > ψευδάργυρος (Zn) > μολύβδος (Pb) > χρώμιο (Cr) > νικέλιο (Ni) > κάδμιο (Cd). Αντιστοίχως οι Sawidis et al. (1995) για την πόλη της Θεσσαλονίκης βρήκαν την ακόλουθη φθίνουσα σειρά των βαρέων μετάλλων μαγγάνιο (Mn) > ψευδάργυρος (Zn) > χαλκός (Cu) > κάδμιο (Cd) για τα είδη φυτών που μελέτησαν

Επίσης, για όλα τα μέταλλα που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία, ο παράγοντας ύψος συλλογής δείγματος ήταν στατιστικά σημαντικός ($p < 0,001$) κάτι που τονίζει τη σημασία του ανωτέρω παράγοντα στη μέτρηση της συγκέντρωσης των μετάλλων στα δέντρα

Τόσο τα κωνοφόρα όσο και τα πλατύφυλλα δέντρα χρησιμοποιούνται στις μελέτες για τον έλεγχο της ρύπανσης μετάλλων στο αστικό περιβάλλον. Οι Dmuchowski & Bytnerowicz (1995), Yilmaz & Zengin (2004), Pyatt (1999), Baslar et al. (2005) και Dogan et al. (2007) χρησιμοποιούν για τον έλεγχο της ρύπανσης με βαρέα μέταλλα στο αστικό περιβάλλον, βελόνες της δασικής, της μαύρης και της τραχείας Πεύκης. Σε άλλες μελέτες, χρησιμοποιήθηκαν φύλλα πλατύφυλλων δέντρων. Οι Aksoy & Ozturk (1999) χρησιμοποίησαν φύλλα του *Nerium oleander*, οι Al-Shayeb et al. (1995) και Al-Khlaifat & Al-Khashman (2007) χρησιμοποίησαν τα φύλλα του Phoenix

dactylifera, οι Celik et al. (2005) χρησιμοποίησαν φύλλα του *Robinia pseudoacacia* και οι Djingova et al. (1995) χρησιμοποίησαν φύλλα μαύρης Λεύκης. Σε μερικές άλλες μελέτες χρησιμοποιήθηκαν τόσο κωνοφόρα όσο και πλατύφυλλα είδη. Οι Pacheco et al. (2001) μελέτησαν τα *Ligustrum japonicum*, *Nerium oleader*, *Olea europea*, *Pinus brutia*, *Platanus orientalis*, *Populus alba*, *Populus nigra* και *Robinia pseudoacacia*. Οι Rossini Oliva & Mingorance (2006) μελέτησαν τα είδη *Pinus pinea* και *Nerium oleader*. Οι Sawidis et al. (2001) μελέτησαν τα είδη *Populus nigra*, *Salix babylonica*, *Pinus nigra* and *Juniperus arizona*.

Συμπεράσματα

Το *Cupressus arizonica* συγκράτησε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις του χαλκού (Cu), του μολύβδου (Pb), του χρωμίου (Cr), του καδμίου (Cd) (χρώμιο) και του νικελίου (Ni) και το *Albizia jullibrissin* τις υψηλότερες συγκεντρώσεις του μαγγάνιου (Mn) και του ψευδάργυρου (Zn).

Η επίδραση του ύψους στο οποίο συλλέχθηκαν τα δείγματα των φύλλων βρέθηκε στατιστικά σημαντική.

Κατά την επιλογή ειδών κατάλληλων για την αστική χρήση, ανάλογα με τη συμπεριφορά τους προς τα βαρέα μέταλλα πρέπει να ληφθούν υπόψη όχι μόνο τα επίπεδα συγκράτησης των βαρέων μετάλλων αλλά και τα δασοκομικά χαρακτηριστικά των δένδρων, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, η επιφάνεια κόμης και η διάρκεια ζωής των φύλλων.

Βιβλιογραφία

1. Aksoy, A., Hale, W.H.G. & Dixon, J.M. (1999) *Capsella bursa-pastoris* L. Medic. As a biomonitor of heavy metals. *Sci. Total Environ.*, **226**, 177-186.
3. Al-Khlaifat, A.L. & Al-Khashman, O.A. (2007) Atmospheric heavy metal pollution in Aqaba city, Jordan, using *Phoenix dactylifera* L. leaves. *Atmospheric Environment*, **41**, 8891–8897.
4. Al-Shayeb S.M., Al-Rajhi M.A. & Seaward M.R.D. (1995) The date palm (*Phoenix dactylifera* L.) as a biomonitor of lead and other elements in arid environments. *The Science of the Total Environment*, **168**, 1-10.
5. Athanasiadis, N. (1996) Forest Botanic. Part II. Eds. Giachoudis-Giapoulis, p.40,103,111. Thessaloniki (in Greek).
6. Baslar, S., Dogan, Y., Yenil, N., Karagoz, S. & Bag, H. (2005) Trace Element Biomonitoring by Leaves of *Populus nigra* L. from Western Anatolia, Turkey. *J. Environ. Biol.*, **26**, 665-668.

7. Batala, E., Tsitsoni, T. (2007) *Research on urban greenery of representative types in the avenues of the municipality of Thessaloniki*. In: Proceedings of 1st International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics. Skiathos, June 24-28. pp. 2979-2984.
8. Batala, E., Tsitsoni, T. (2009) *Street tree health assessment system a tool for study of urban greenery*. Int. J. Sus. Dev. Plann, **Vol. 4**. No.4. 1-12.
9. Brighigna, L., Ravanelli, M., Minelli, A., & Ercoli, L. (1997) The use of an epiphyte (*Tillandsia caput-medusae morren*) a bioindicator of air pollution in Costa Rica. *Science of the Total Environment*, **198**. 175-180.
10. Celik, A., Kartal, A.A., Akdogan, A., & KASKA, Y. (2005) Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo-acacia L. *Environment International*, **31**. 105-112.
11. Djingova, R., Wagner, G., Kuleff, I. & Peshev, D. (1996) Investigations on the time-depentant variations in metal concentration in the leaves of Populus nigra 'Italica'. *The science of the total environment*, **184**, 197-202.
12. Dmuchowski, W. & Bytnerowicz, A. (1995) Monitoring environmental pollution in Poland by chemical analysis of Scats Pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. *Environ. Pollut.*, **87**, 84-104.
13. Dogan, Y., Durkan, N. & Baslar S. (2007) Trace element pollution biomonitoring using the bark of Pinus brutia (Turkish red pine) in the western Anatolian part of Turkey. *Trace elements and Electrolytes*, **24**(3), 146-150.
14. Huhn, G., Schulz, H. Stark, H.J., Tolle, R. & Schuurmann, G. (1995) Evaluation of regional heavy metal deposition by multivariate analysis of element contents in pine tree barks. *Water, Air, Soil Pollution*, **84**, 367-383.
15. Kovács, M. (ed.) (1992a) *Biological indicators in environmental protection*. Ellis Horwood, New York, p. 207.
16. Kovács, M. (1992b) *Trees as biological indicators*. In: Biological indicators in environmental protection. Kovács, M. (ed.), Ellis Horwood, New York.
17. Kuik, P., & Wolterbeek, H.T.H. (1994) Factor-analysis of trace-element data from tree-bark samples in the Netherlands. *Environmental Monitoring and Assessment*, **32**. 207-226.
18. Mulgrew, A., & Williams, P. (2000) *Biomonitoring of air quality using plants*. WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control (WHO CC), ISSN 0938-9822, Berlin, Germany.
19. Pacheco, A.M.G., Freitas, M.G., Barros, L.I.C. & Figueira, R. (2001) Investigating tree bark as an air-pollution biomonitor by means of neutron activation analysis. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **249**, 327-331.

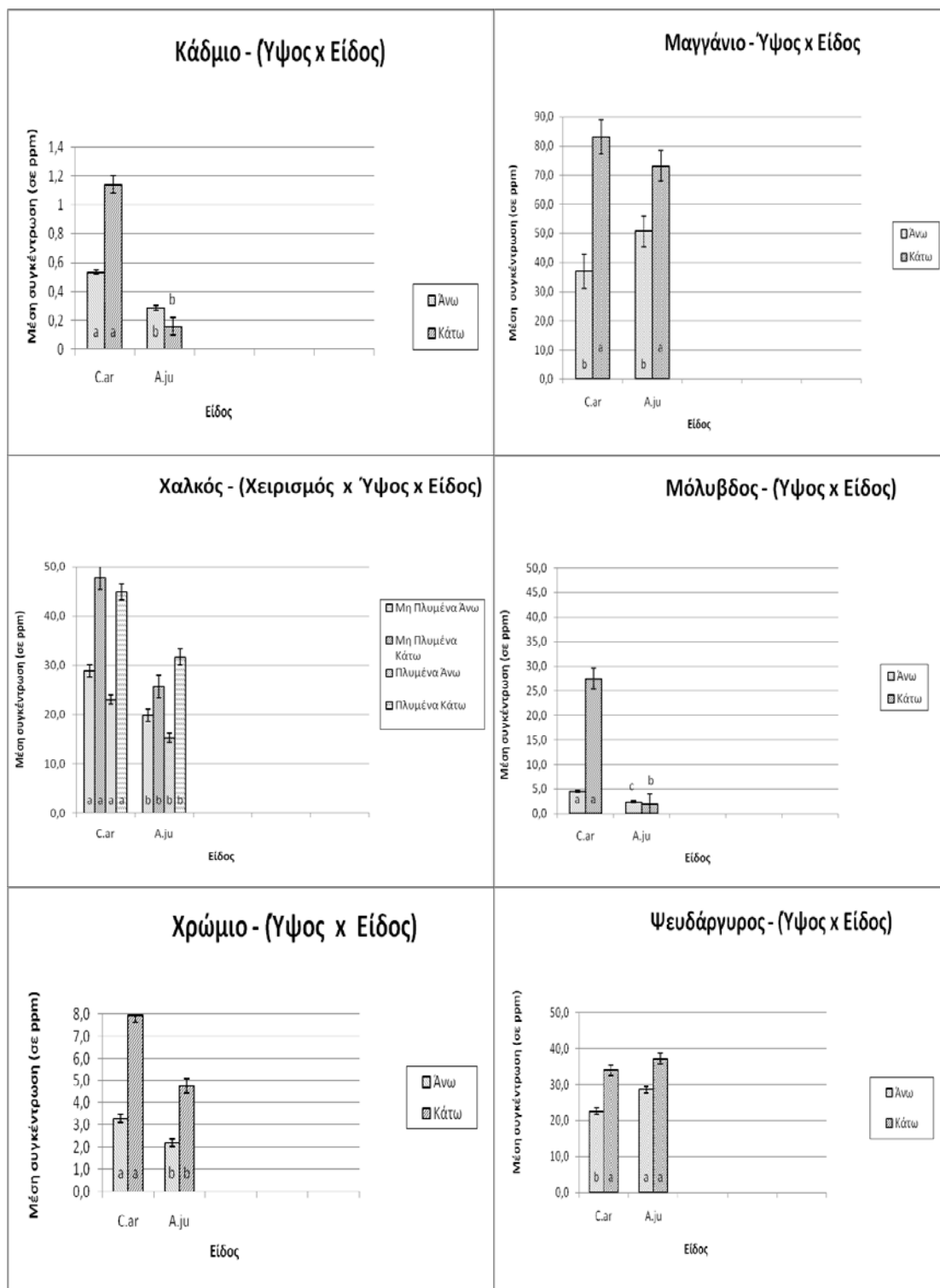
20. Pourkhabbaz, A., Rastin, N., Olbrich, A., Langenfeld-Heyser R., & Polle A. (2010) Influence of environmental pollution on leaf properties of urban plane trees, *Platanus orientalis L. Bull Environmental Comtam. Toxicology*, **85** (3). 251-255.
21. Pyatt, F.B. (1999) Comparison of foliar and stem bioaccumulation of heavy metals by Corsican pines in the Mount Olympus Area of Cyprus. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **42**, 57-61.
22. Rencher, A. (2000) *Linear Models in Statistics*. New York: John Willey & Sons, Inc., pp.563.
23. Rossini Oliva, S. & Mingorance, M.D. (2006) Assessment of airborne heavy metal pollution by aboveground plant parts. *Chemosphere*, **65**, 177-182.
24. Sawidis, T., Marnasidis, A., Zachariadis, G., & Stratis, J. (1995). A study of air-pollution with heavy-metals in Thessaloniki City (Greece) using trees as biological indicators. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **28**. 118-124.
25. SawidiS, T., Chettri, M.K., Papaioannou A., Zachariadis, G., & Stratis, J. (2001) A study of metal distribution from lignite fuels using trees as biological monitors. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **48**, 27-35.
26. Taylor, H.J., Ashmore, M.R., & Bell, J.N.B. (1990) *Air pollution injury to vegetation*. London: IEHO.
27. Toothaker, L. (1993) *Multiple Comparison Procedures*. Newbury Park: Sage Publications, Inc., Calif, pp. 66
28. Yilmaz, S. & Zengin M. (2004) Monitoring environmental pollution in Erzurum by chemical analysis of Scots pine (*Pinus sylvestris L.*) needles. *Environ Int.*, **29**, 1041-1047.
29. Zar, J. (1996) *Biostatistical Analysis*. Third edition, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey, pp.662.

Πίνακας 1. Τα κύρια δασοπονικά χαρακτηριστικά των *Cupressus arizonica* και *Albizia julibrissin* (μέση τιμή±τυπική απόκλιση).

Είδος	Διάμετρος δένδρου (cm)	Ύψος δένδρου (m)	Ύψος κόμης (m)	Διάμετρος κόμης (m)	Μήκος κόμης (m)	Επιφάνεια κόμης (m ²)
<i>Cupressus arizonica</i>	24.03±4.06	12.35±2.23	9.83±2.00	9.73±2.06	4.59±1.27	105.79±33.25
<i>Albizia julibrissin</i>	16.73±5.46	5.98±1.20	3.90±0.94	3.95±1.02	6.5±1.86	26.08±13.35



Σχήμα 1. Το τμήμα της λεωφόρου Καραμανλή στο οποίο πραγματοποιήθηκε η έρευνα (www.google.com).



Σχήμα 2. Η συγκέντρωση των μετάλλων σε ppm σε σχέση με το χειρισμό, το ύψος και το είδος των δένδρων (μ.ο. και στατ. λάθος). Για κάθε είδος, οι μέσοι όροι που έχουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p < 0.05$) (Bonferroni's test).